

## 脱水ケーキを用いた新しい遮水土質材料の透水特性

福岡大学工学部 正会員 ○林 義晃 平野文昭 佐藤研一

(株)アステック

森本辰雄 口船 愛

**1. はじめに** 現在わが国の最終処分場の底部には、廃棄物層からの浸出水が土壌や地下水を汚染しないように、遮水シートが敷設されている。しかし、廃棄物中の鋭利な物体などによりシートが破損する恐れがあり、また材料の耐久性の面からも、人工物である遮水シートではその機能性を将来にわたって維持していくことが難しいと思われる。そこで、遮水シート下部に敷設されるベントナイト混合土などを用いた粘土系遮水材料の研究<sup>1), 2), 3)</sup>が盛んに行われている。本研究では、既存の技術であるゼオライト等の添加剤を混入するシーリングソイル工法<sup>4)</sup>を用いて重金属補修機能を持ち、高強度かつ低透水性の新しい遮水土質材料の開発を目的としている。特に土質材料には、建設発生土や脱水ケーキを用いることで経済性に優れたものとし、添加剤としてゼオライト、ドロマイト、ポリ硫酸第二鉄溶液(以下、ポリ鉄とする)を用いることで、より付加価値を高めた遮水材になっている。そこで今回は、このような低透水性土質材料の透水特性を調べるために製作した柔壁型透水試験装置を用いて供試体飽和度の上昇を検査<sup>5)</sup>し、シーリングソイル工法に準じた材料の透水実験について報告する。

## 2. 実験概要

**2-1 実験試料** 実験に用いた土質材料として、建設系泥土である脱水ケーキAと脱水ケーキB、比較材料として山砂(まさ土)を用いた。脱水ケーキAは、兵庫県内の砕石工場における濁水処理に伴って発生した土である。脱水ケーキBは、福岡県内の建設発生土の処理に伴って発生した土である。山砂は、筑紫野市内

で採取されたまさ土である。まず、その3試料の試料単体と添加剤を混入した場合の物理試験を行い、その結果を表-1に示す。次に、試料単体における粒径加積曲線を図-1に示す。脱水ケーキA、Bとも、そのほとんどが粘土分とシルト分のみで構成されており、山砂は、比較的粒度分布のよい試料である。さらに、各試料単体における締固め曲線を図-2、添加剤を混入した各試料の締固め曲線を図-3に示す。ここで、シーリングソイル工法における各添加剤の配合比に関しては、ゼオライト5%、ドロマイト1%、ポリ鉄4%とした。試料単体の締固め曲線の場合、3試料とも最適含水比付近において、ゼロ空隙曲線とかなり近いことがわかる。添加剤を混入した試料の締固め曲線は、試料単体時と比較すると3試料とも最適含水比及び最大乾燥密度の値はほぼ等しく、添加剤の影響はほとんどみられなかった。

**2-2 実験装置** 図-4に、新しく製作した柔壁型透水試験装置を示す。装置の特徴として、供試体をゴムメンブレンで覆い、拘束圧をかけて供試体と密着させることができるため、剛壁型透水試験装置で生じる供試体と剛壁の隙間による通水を防ぐことができる特徴を有している。また、背圧と拘束圧を任意に独立して制御することが可能なため、供試体への応力作用条件を簡易に操作することができ、かつ供試体の飽和度を高めることができる。さらに、流入側ビュレットを二重管にすることにより、任意のヘッド差(水頭差)を与えることもできるよう工夫がされている。

表-1 各試料の物理試験結果

|                                            | 脱水ケーキA | 脱水ケーキB | 山砂    |
|--------------------------------------------|--------|--------|-------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )       | 2.631  | 2.649  | 2.603 |
| 液性限界 $w_L$ (%)                             | 39.9   | 44.2   | 19.6  |
| 塑性限界 $w_L$ (%)                             | 25.4   | 33.0   | 16.9  |
| 塑性指数 $I_p$                                 | 14.5   | 11.2   | 2.7   |
| 最適含水比 $w_{opt}$ (%)                        | 22.6   | 26.8   | 13.6  |
| 最大乾燥密度 $\rho_{d,max}$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.61   | 1.47   | 1.82  |
| 添加剤配合時                                     |        |        |       |
| 最適含水比 $w_{opt}$ (%)                        | 23.6   | 27.0   | 14.3  |
| 最大乾燥密度 $\rho_{d,max}$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.59   | 1.47   | 1.82  |

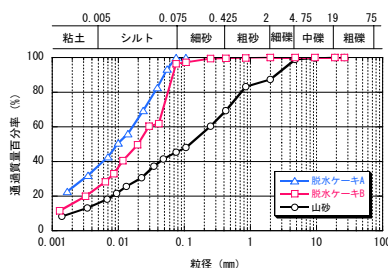


図-1 各試料の粒径加積曲線

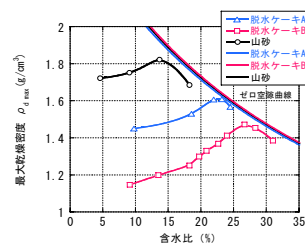


図-2 試料単体時の締固め曲線

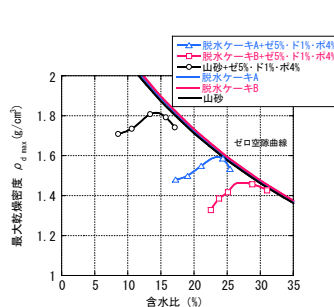


図-3 添加剤配合時の締固め曲線

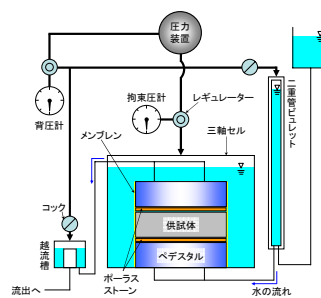


図-4 試験装置の概略図

キーワード：透水特性、飽和方法、遮水材

〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈八丁目 19-1 福岡大学工学部 TEL (092)-871-6631 FAX (092)-865-6031

〒670-0028 兵庫県姫路市岩端町 107-4(セントラルひめじ 2F) (株)アステック TEL (0792)-98-6666 FAX (0792)-98-6161

**2-3 実験方法及び実験条件** 実験では、供試体飽和にさほど時間を要さない山砂を用いて、飽和方法を検討した。試験条件を表-2に示す。条件1は、水頭差1mにて通水させる条件、条件2は供試体に10kPaの背圧をかけた状態で、水頭差1mを与える条件、条件3は、まず水頭差を2mとして通水させた後、水頭差を1mとして10kPaから30kPaの背圧を作用させる方法である。これにより、どの条件が短期間で最も効率よく供試体を飽和することができるかを検討するとともに、背圧の大きさによる飽和度上昇の影響について検討する。試験に用いる供試体サイズは、直径10cm×高さ3cmとし、供試体作製方法として、試料を最適含水比に調整したのち、最大乾燥密度の95%を目標にランマー（質量2.5kg、落下高さ45cm）にて3層にわけて、各層が均一な締固めになるように作製した。また、シーリングソイル法に準じた供試体は、ドロマイトの反応を考慮するため、恒温室にて気中養生<sup>6)</sup>を7日間行ったものを使用した。実験には蒸留水を用いた。それにより、試料単体の場合と添加剤を混入した場合における脱水ケーキA、Bの透水試験を行い、透水特性の把握を行うこととした。

### 3. 実験結果及び考察

**3-1 供試体飽和方法の検討** 各条件における飽和度の上昇量を図-5に示す。3つの試験条件下で、最も効率よく供試体飽和度が上昇したのは条件3であった。この条件は一般的に三軸試験で行われている方法と同じで、通水後に背圧をかける事により、飽和度の改善がなされたと思われる。今後、供試体の飽和については、さらなる検討が必要であり、材料によっては、炭酸ガスや負圧等の利用も考慮し検討する必要がある。

**3-2 試料単体における透水実験** 条件3-2でかつ14日間の試料単体における脱水ケーキA、Bについての透水試験結果を図-6に示す。尚、試験前の供試体飽和度は、それぞれAが80%、Bが75%であり、試験後はそれぞれAが98%、Bは99%であり、ほぼ完全飽和状態であると考えられる。ここで、残り1~2%については、供試体の試料がポーラスストーン等に付着したことによる誤差である。試験終了時における各脱水ケーキの透水係数は、 $1.43 \times 10^{-7}$  (cm/sec)、 $2.31 \times 10^{-7}$  (cm/sec)であり、試料単体でも十分に遮水材としての機能を有している。

**3-3 添加剤混入における透水実験** 次に、同条件で一定の割合の添加剤を混入した（シーリングソイル工法による）脱水ケーキA、Bの透水試験結果を図-7に示す。ここで試験前（養生後）の供試体飽和度は、それぞれAが85%、Bが64%であり、試験後はそれぞれAが99%、Bが100%である。試験終了時におけるそれぞれの透水係数は、 $2.39 \times 10^{-7}$  (cm/sec)、 $1.28 \times 10^{-6}$  (cm/sec)となった。ここで、最終処分場における遮水シートと粘土層を用いた二重遮水工の場合に、粘土層に設けられている  $1 \times 10^{-6}$  (cm/sec) 以下という基準<sup>7)</sup>において、脱水ケーキBの方は満足しない遮水材となった。これは、添加剤混入により材料の粒径変化や、別途行った強度試験<sup>8)</sup>においてもドロマイトの効果がなく、強度的に問題のある材料ということがわかっている。しかしながら、ドロマイトの固結効果は、透水性を低下させる効果があることも示唆できる。

**4. まとめ** ①今回の検討において、低透水性材料の飽和方法を検討した結果、一定の高さから十分に通水させた後、背圧を作用させる方法が効率的であることが示された。

②脱水ケーキをはじめとする廃粘土において、シーリングソイル工法を適用させるため、添加剤の効果が十分生じるような配合比をさらに検討する予定である。

表-2 試験条件(透水試験)

| 試験条件  | 試験日数 | 圧力(kPa) |      |     | 水頭差(m) |
|-------|------|---------|------|-----|--------|
|       |      | 流入側     | 流出側  | 拘束圧 |        |
| 条件1   | 28日  | 0       | 0    | 50  | 1      |
| 条件2   | 16日  | 10      | 10   | 50  | 1      |
| 条件3   | 16日  | 10      | 0→10 | 50  | 2→1    |
| 条件3-1 | 16日  | 10→20   | 0→20 | 50  | 2→1    |
| 条件3-2 | 16日  | 10→30   | 0→30 | 50  | 2→1    |

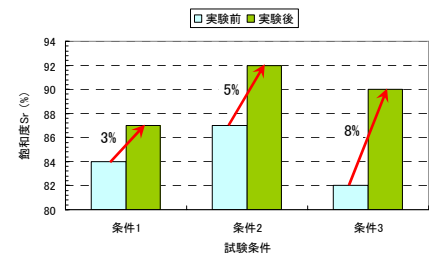


図-5 条件1~3における飽和度の上昇量

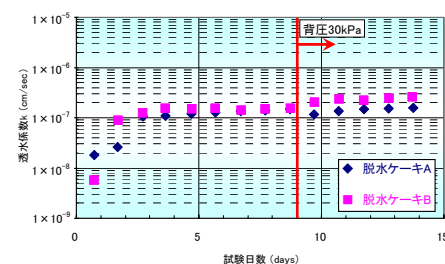


図-6 試料単体における脱水ケーキA、Bの透水実験結果

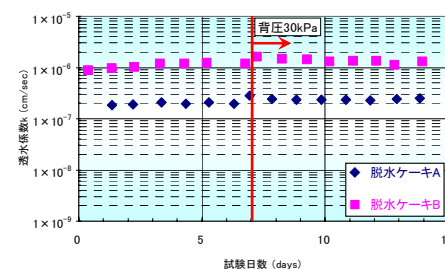


図-7 添加剤混入における脱水ケーキA、Bの透水実験結果

【参考文献】1) 小峯：ベントナイト系遮水材の透水特性と内部構造観察結果に基づく評価の試み、土と基礎 Vol.49No.2, pp.17-20, 2001.

2) 西山, 渡辺, 堀江, 飯塚, 水野, 岡田：ベントナイト遮水層の構築方法による密度分布と透水係数の異方性に関する研究、第39回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.2303-2304, 2004.

3) 勝見, 花本, 石森, 深川：ベントナイト系遮水材の長期透水試験結果、第40回地盤工学研究発表会講演概要集、pp.2531-2532, 2005.

4) シーリングソイル協会、<http://www.sealingsoil.gr.jp/>

5) 平野, 佐藤, 林, 森本：新しい遮水土質材料の透水特性～供試体飽和方法の検討～、第41回地盤工学研究発表会発表予定、2006.

6) 武田, 佐藤, 平野, 山田, 藤川, 森本：新しい遮水材料の材料・力学特性、平成17年度土木学会西部支部研究発表会、pp.523-524, 2006.

7) 国際ジオシンセティックス学会日本支部 ジオメンブレン技術委員会編、ごみ埋立地の設計施工ハンドブック～水工技術一、p.202, 2000.